

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2024

柔性石墨基护套铁路贯通地线

Flexible graphite-based sheathed railway through-ground wire

（征求意见稿）

2024/08/10

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国交通运输协会 发 布

目 次

前 言 II

引 言 错误！未定义书签。

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 使用条件 2

5 型号及结构 2

6 技术要求 3

7 检验方法 6

8 检验规则 7

9 标志、包装、运输、存储 9

附 录 A （规范性） 10

参 考 文 献 11

索 引 12

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国交通运输协会新技术促进分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：北京全路通信信号研究设计院集团有限公司、武汉大学、焦作铁路电缆有限责任公司、武汉黄门电工科技有限公司、中国铁路太原局集团有限公司、中国铁路乌鲁木齐局集团有限公司、通号工程局集团有限公司、中铁武汉电气化局集团第一工程有限公司。

本文件主要起草人：韩聪颖、曹鹤飞、阮江军、夏業涵、杨轶轩、阳晋、姚胜良、李静、朱芮奇、吕秀武、李文明、张健、胡曦、贾奇龙、宿志国、白英杰、张明志。

柔性石墨基护套铁路贯通地线

1 范围

本文件规定了柔性石墨基护套铁路贯通地线（以下简称“石墨贯通地线”）的使用条件、型号及结构、技术要求、检验方法、检验规则、标志、包装、运输、储存。

本文件适用于铁路信号系统接地及铁路综合接地系统石墨贯通地线的制造及检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2951.11 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第11部分：通用试验方法 厚度和外形尺寸测量 机械性能试验

GB/T 3048.4 电线电缆电性能试验方法 第4部分：导体直流电阻试验

GB/T 3428 架空绞线用镀锌钢线

GB/T 3518 鳞片石墨

GB/T 3953 电工圆铜线

GB/T 4909.2 裸电线试验方法 第2部分：尺寸测量

GB/T 4909.3 裸电线试验方法 第3部分：拉力试验

GB/T 6461 金属基体上金属和其他无机覆盖层经腐蚀试验后的试样和试件的评级

GB/T 9789 金属和其他无机覆盖层 通常凝露条件下的二氧化硫腐蚀试验

GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验

GB/T 10698 可膨胀石墨

GB/T 10707 橡胶燃烧性能的测定

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求

GB/T 16927.2 高电压试验技术 第2部分：测量系统

GB/T 18380.13 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第13部分：单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验 滴落（物）/微粒的试验方法

GB/T 26125 电子电气产品 六种限用物质（铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯和多溴二苯醚）的测定

DL/T 2095—2020 输电线路杆塔石墨基柔性接地体技术条件

JB/T 7901 金属材料实验室均匀腐蚀全浸试验方法

JB/T 8137 电线电缆交货盘

JB/T 10696.3 电线电缆机械和理化性能试验方法 第3部分：弯曲试验

JB/T 10696.6 电线电缆机械和理化性能试验方法 第6部分：挤出外套刮磨试验

QJ 1523 导电胶电阻率测试方法

TB/T 2953 铁路地面信号产品高温及低温试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

柔性石墨基护套铁路贯通地线 flexible graphite-based sheathed railway through-ground wire

一种基于柔性石墨基护套的沿铁路线敷设的接地导体。

3.2

碳纳米管导电胶 carbon nanotube conductive adhesive

一种含碳纳米管，可固化的具有一定导电性的胶粘剂。

3.3

石墨覆铜线 graphite coated copper wire

采用碳纳米管导电胶等材料将石墨均匀、紧致、完整地包覆在铜线表面的导线。

4 使用条件

石墨贯通地线的使用环境温度范围为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，石墨贯通地线的敷设温度不应低于 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5 型号及结构

5.1 型号

5.1.1 型号由以下部分组成，各部分用代号表示，符合图 1 的规定。

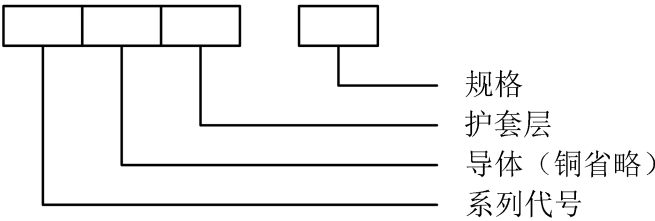


图 1 石墨贯通地线型号组成

5.1.2 各部分代号及代号含义应符合表 1 规定。

表 1 型号各部分代号及代号的含义

序号	型号组成	代号	代号含义
1	系列代号	D	贯通地线
2	护套层	M	柔性石墨基护套层
3	规格	35	铜导体截面积为 35 mm^2
		70	铜导体截面积为 70 mm^2

5.2 产品标识方法

产品的标识方法用型号、规格表示。

示例 1：规格为 35 的石墨贯通地线表示为：DM35；

示例 2：规格为 70 的石墨贯通地线表示为：DM70。

5.3 结构

5.3.1 石墨贯通地线的结构见图 2。

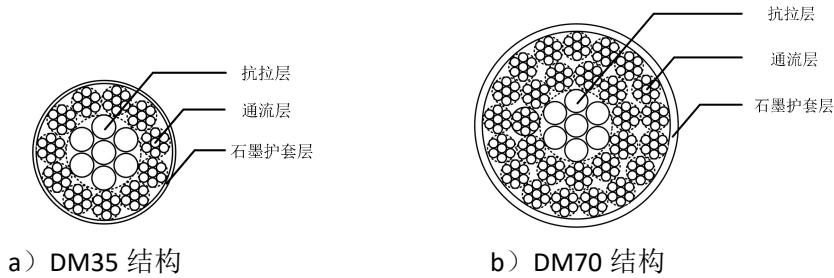


图 2 石墨贯通地线结构示意图

5.3.2 石墨贯通地线由抗拉层、通流层和石墨护套层组成。

6 技术要求

6.1 抗拉层

抗拉层由钢丝绞合而成，钢丝应采用符合 GB/T 3428 的规定，抗拉层的拉断力 $\geq 25\text{kN}$ ，抗拉层直径 $\geq 5\text{mm}$ 。

6.2 通流层

6.2.1 通流层由石墨覆铜线组成。

6.2.2 石墨覆铜线表面应紧致均匀、无裸露的铜导体、无油污、无凸起或断裂。

6.2.3 石墨覆铜线应采用碳纳米管导电胶将石墨均匀、紧密、完整地包覆在铜导体表面，20℃温度下石墨层剥离强度不小于 10N/mm。

6.2.4 碳纳米管导电胶应为水溶性，固化后的体积电阻率应小于 $100\Omega\cdot\text{m}$ 。碳纳米管导电胶固化后阻燃等级应符合 GB/T 10707 规定的垂直燃烧法 FV-0 等级。

6.2.5 铜导体应采用符合 GB/T 3953 规定的 TR 型软圆铜线绞合而成，软圆铜线的断裂伸长率不小于 25%。

6.3 石墨护套层

6.3.1 基本要求

石墨护套层应采用柔性石墨材料，并应紧密包裹在通流层外，护套表面外观紧致、粗细均匀、平整光滑、无氧化变色、无断线续接点。柔性石墨材料采用鳞片可膨胀石墨，应符合 GB/T 3518 和 GB/T 10698 的规定，固定碳含量应不低于95%。

6.3.2 厚度

石墨护套层厚度应符合表 2 的规定。

表 2 石墨护套层厚度

护套平均厚度 mm	护套最小厚度 mm
≥ 3.0	≥ 2.8

6.3.3 环保性能

石墨护套层中有害物质含量应符合表 3 的规定。

表 3 石墨护套层的环保性能

序号	有害物质项目	有害物质含量 mg/kg
1	汞 (Hg)	≤1 000
2	铅 (Pb)	≤1 000
3	镉 (Cd)	≤100
4	六价铬 (Cr ⁶⁺)	≤1 000
5	多溴联苯总和	≤1 000
6	多溴二苯醚	≤1 000

6.3.4 耐腐蚀性能

石墨护套层的耐腐蚀性能应符合表 4 的规定。

表 4 石墨护套层的耐腐蚀性能

序号	项 目	性能指标
1	盐雾试验 中性盐雾 (NSS) 试验周期24 h 保护评级 R _p ^a	≥ 7 级
2	通常凝露条件下的二氧化硫腐蚀试验 试验温度 35℃ ,试验周期 24 h 保护评级 R _p ^a	≥ 7 级
3	金属材料实验室均匀腐蚀试验 试验温度70℃ ,试验周期 168 h 酸溶液: HCl pH值: 1.9 ~2.0 盐溶液: 5% NaCl pH值: 6.9 ~7.1 碱溶液: NaOH pH 值: 11.0 ~11.1	≤0.05 mm/a
^a 按 GB/T 6461 标准规定评级。		

6.4 石墨贯通地线的外径

石墨贯通地线的外径应符合表 5 规定。

表 5 石墨贯通地线的外径

序号	规 格	最大外径 mm
1	35	22
2	70	24

6.5 石墨贯通地线电气性能

石墨贯通地线的电气性能应符合表 6 规定。

表 6 石墨贯通地线电气性能

项 目	规格	单位	指标	长度换算关系
整体直流电阻(从贯通地线首端或尾端截取试样) 20℃	35	Ω /km	≤0.590	实测值/L(L 为被测贯通地线长度, 单位为千米)
	70		≤0.270	

6.6 石墨贯通地线机械物理性能

石墨贯通地线的机械物理性能应符合表 7 规定。

表 7 石墨贯通地线机械物理性能

序号	项 目	规格	单位	指标
1	拉断力	35	kN	≥12. 0
2		70		≥25. 0
3	单位长度质量	35	kg/m	0. 65±5%
4		70		1. 05±5%
注：拉断力指石墨贯通地线整体拉伸过程中，拉伸断裂的最大负荷。				

6.7 石墨贯通地线弯曲性能

石墨贯通地线经受弯曲试验后，外护套表面应无目力可见的断裂或裂纹。弯曲试验用圆柱体直径不应大于20倍的贯通地线外径，匀速弯曲十次。

6.8 石墨贯通地线通流性能

石墨贯通地线的通流性能应符合表 8 规定。

表 8 石墨贯通地线的通流性能

序号	测试要求		规格	指 标
1	瞬时通流	施加 1 次工频电流 2000A，持续 1s	35	外观无明显变化，无断股、烧蚀、鼓胀等缺陷，恢复室温后直流电阻变化率不大于 10%
	长期通流	施加工频电流 500A，反复通电 10min、断电 10min，持续时间 2.5h		
2	瞬时通流	施加 1 次工频电流 4000A，持续 1s	70	
	长期通流	施加工频电流 1000A，反复通电 10min、断电 10min，持续时间 2.5h		

6.9 石墨贯通地线雷电冲击性能

石墨贯通地线的雷电冲击性能应符合表 9 规定。

表 9 石墨贯通地线的雷电冲击性能

序号	测试要求	规格	指 标
1	8-20 μs 波形，幅值 50kA；进行正负极性各 10 次，间隔 5min	35	外观无明显变化，无断股、烧蚀、鼓胀等缺陷，恢复室温后直流电阻变化率不大于 10%
2		70	

6.10 石墨贯通地线耐磨性能

石墨贯通地线的耐磨性能应符合表 10 规定。

表 10 石墨贯通地线的耐磨性能

测试要求	指 标
刮磨速率 150~300 mm/s，作用力 65 N，往复刮磨 25 次； 刮磨速率 150~300 mm/s，作用力 14 N，往复刮磨 1 000 次	外护套无断股现象， 无刮破露出铜丝现象

6.11 石墨贯通地线阻燃性能

石墨贯通地线的阻燃性能应符合表 11 规定。

表 11 石墨贯通地线的阻燃性能

测试项目	指 标
垂直燃烧法：供火时间 480s，供火温度 1 000℃	在燃烧过程中没有脱落物， 燃烧停止后，样品无明显变化

6.12 石墨贯通地线高低温性能

石墨贯通地线的高低温性能应符合表 12 规定。

表 12 石墨贯通地线的高低温性能

序号	测试要求		指 标
1	高温性能	置于 +70℃ ±2℃ 环境，持续时间 16h	外观无明显变化，无断股、鼓胀等缺陷， 恢复室温后直流电阻变化率不大于 10%
2	低温性能	置于 -40℃ ±2℃ 环境，持续时间 16h	

7 检验方法

7.1 通流层

7.1.1 石墨覆铜线外观

石墨覆铜线外观应用正常视力或不带放大的矫正视力检查。

7.1.2 石墨覆铜线剥离强度

石墨覆铜线的石墨层剥离强度检验应按 DL/T 2095-2020 的中6.2.3的规定进行。

7.1.3 碳纳米管导电胶

碳纳米管导电胶固化后的体积电阻率检验应按 QJ 1523 的规定进行。

碳纳米管导电胶的阻燃性能试验应按 GB/T 10707 的规定进行。

7.2 石墨护套层

7.2.1 外观

外观应用正常视力或不带放大的矫正视力检查。

7.2.2 石墨护套层一致性检查

石墨贯通地线石墨护套层一致性应符合以下规定：

- a) 内表面：沿与护套轴线约 45° 方向剖切后，去除通流层和抗拉层，应用正常视力或不带放大的矫正视力检查。
- b) 外表面：应用正常视力或不带放大的矫正视力检查。

7.2.3 石墨护套层厚度

石墨护套层厚度检验应按 GB/T 2951.11 的规定进行。

7.2.4 环保性能

石墨护套层中有害物质含量检验应按 GB/T 26125 的规定进行。

7.2.5 耐腐蚀性能

石墨护套层的耐腐蚀性能试验应按以下规定进行：

- a) 盐雾试验应按 GB/T 10125 的规定进行，试验周期 24h，应按 GB/T 6461 的规定评级；
- b) 二氧化硫腐蚀试验应按 GB/T 9789 的规定进行，试验周期 24 h，应按 GB/T 6461 的规定评级；
- c) 金属材料实验室均匀腐蚀试验应按 JB/T 7901 的规定进行，试验周期 168h，试验温度 70℃。

7.3 最大外径试验

石墨贯通地线的外径检验应按 GB/T 4909.2 的规定进行。

7.4 电气性能试验

石墨贯通地线的整体直流电阻试验应按 GB/T 3048.4 的规定进行。

7.5 机械物理性能试验

石墨贯通地线的拉断力试验应按 GB/T 4909.3 的规定进行，拉伸速度 20 mm/min。

7.6 弯曲性能试验

石墨贯通地线的弯曲性能试验应按 JB/T 10696.3 的规定进行。

7.7 通流性能试验

石墨贯通地线的工频电流耐受试验应按 GB/T 16927.1 和 GB/T 16927.2 的规定进行。

7.8 雷电冲击性能试验

石墨贯通地线的雷电冲击性能试验应按 GB/T 16927.1 和 GB/T 16927.2 的规定进行。

7.9 耐磨性能试验

石墨贯通地线的耐磨性能试验应按 JB/T 10696.6 的规定进行。

7.10 阻燃性能试验

石墨贯通地线的阻燃性能试验应按 GB/T 18380.13 的规定进行。

7.11 高低温性能试验

石墨贯通地线的高低温性能试验应按 TB/T 2953 的规定进行。

8 检验规则

8.1 检验分类

石墨贯通地线检验分为出厂检验和型式检验，出厂检验包括例行检验和抽样检验。石墨贯通地线应经制造厂质量检验部门检验，检验合格后方可出厂，出厂产品应附有质量检验合格证。

8.2 出厂检验

例行检验项目及抽样检验项目见表 13。

表 13 出厂检验项目及型式检验项目

序号	检 验 项 目		出厂检验		型式检验	技术要求 对应条款	检验方法 对应条款
			例行检验	抽样检验			
1	结构尺寸	石墨护套层厚度	—	√	√	6.3.2	7.2.3
		石墨贯通地线最大外径	√	—	√	6.4	7.3
2	外观、石墨 护套层 一致性	外观	√	—	√	6.3.1	7.2.1
		石墨护套层一致性	—	—	√	6.3.1	7.2.2
3	通流层 性能	石墨覆铜线外观	—	—	√	6.2.2	7.1.1
		石墨覆铜线剥离强度	—	—	√	6.2.3	7.1.2
4	石墨护套 层性能	石墨护套层环保性能	—	—	√	6.3.3	7.2.4
		石墨护套层耐腐蚀试验	—	—	√	6.3.4	7.2.5
5	石墨贯通地线电气性能		√	—	√	6.5	7.4
6	石墨贯通地线机械物理性能		—	√	√	6.6	7.5
7	石墨贯通地线弯曲性能		—	—	√	6.7	7.6
8	石墨贯通地线通流性能		—	—	√	6.8	7.7
9	石墨贯通地线雷电冲击性能		—	—	√	6.9	7.8
10	石墨贯通地线耐磨性能		—	—	√	6.10	7.9
11	石墨贯通地线阻燃性能		—	—	√	6.11	7.10
12	石墨贯通地线高低温性能		—	—	√	6.12	7.11
注1：“√”表示应检验项目，“—”表示不必检验项目； 注2：抽样检验为每年进行一次。							

8.3 型式检验

8.3.1 型式检验项目

型式检验项目见表 13。

8.3.2 型式检验要求

下列情况之一应进行型式检验：

- a) 石墨贯通地线首批生产；
- b) 当产品设计、工艺或所使用的原材料的改变可能影响产品的性能时；
- c) 停产超过两年，恢复生产时；
- d) 经常生产的产品，每五年进行一次；
- e) 出厂检验结果与上次型式试验检验有较大差异时。

9 标志、包装、运输、存储

9.1 标志

包装上应标明：

- a) 制造厂名称；
- b) 产品型号、规格；
- c) 长度（m）；
- d) 毛重（kg）；
- e) 出厂编号；
- f) 制造日期（年 月）；
- g) 表示正确旋转方向箭头。

9.2 包装

9.2.1 石墨贯通地线宜整齐地卷绕在电缆盘上交货，每盘仅允许卷绕相同型号规格的石墨贯通地线且最多不超过两根，电缆盘应符合 JB/T 8137 的规定。

9.2.2 每盘石墨贯通地线应附带产品合格证和产品使用说明书。

9.3 运输、储存

9.3.1 石墨贯通地线应存放在干燥、安全的环境内，端头应密封。

9.3.2 电缆盘不允许平放储存、吊装及运输。

9.3.3 运输中应避免碰撞或机械损伤。

附 录 A
(规范性)

参 考 文 献

- [1] TB/T 3479-2017 铁路贯通地线
- [2] DL/T 2095-2020 输电线路杆塔石墨基柔性接地体技术条件

索 引
